

文章编号: 1000-6788(2004)04-0023-11

## 21 世纪初期(2001- 2020)我国人口产业结构与 环境污染、经济发展的关联模式仿真

米 红, 陈志坚

(厦门大学人口资源环境与地理信息系统研究中心, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 首先对我国 1985 年至 2000 年的人口产业结构、环境污染、经济总量及产业结构进行量化分析研究, 揭示了我国人口产业结构及其与环境污染之间的变迁模式; 其次, 通过对西方发达五国人均 GDP 在 5000- 10000 美元时期的人口产业结构及其与环境污染之间的数量关系进行了聚类分析, 并提炼出 21 世纪初期(2001- 2020)中国人口产业结构、环境污染与经济发展的仿真关联模式。

**关键词:** 人口产业结构; 环境污染; 仿真

**中图分类号:** C94

**文献标识码:** A

## The Simulating Relating-Pattern of Population Industry Structure, Environmental Pollution and Economic Development in Early 21st ' China (2001- 2020)

M I Hong, CHEN Zhi-jian

(Automatic Department, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** On the basis of quantity-analysis research on China's population industry structure, environmental pollution, GDP and industry structure between 1985 and 2000, our paper works out one transformation pattern of China's population industry structure and environmental pollution.

In addition, we employ the population industry structure and environmental pollution data of the five western developed countries when their average GDP were between US \$ 5000- 10000 for clustering-analysis. Consequently, we work out the simulating relating- pattern of population industry structure, environmental pollution and economic development in Early 21st' China (2001- 2020).

**Key words:** population industry structure; environmental pollution; simulation

### 1 引言

发展是人类社会永恒的主题。然而, 随着人类所创造的物质财富的急剧增加, 人口也在不断的增长, 不合理开发利用资源所造成的环境污染已经严重威胁到人类自身的生存。人口、资源、环境三大问题已成为人类社会经济发展中仅次于和平和发展的三大问题。

随着我国人口的不断剧增, 资源的不断开发和我国工业化进程的加速, 我国的环境形势面临着十分严峻的挑战。目前, 有五种力量决定着中国的环境态势: 1) 中国工业化进程; 2) 中国非常脆弱的人口-资源-环境背景; 3) 全球化环境合作与经济全球化的影响; 4) 处于社会转型期的中国政治、经济制度状态; 5) 中国为可持续发展所做的有意识的努力<sup>[1]</sup>。

人口、资源、环境是可持续发展的三个重要制约因素和主要组成部分, 三者既相互独立、自成体系, 又相互联系、相互影响、相互制约。一定数量和质量的人口是可持续发展的前提, 而人口总量又必须控制在资

收稿日期: 2003-04-13

资助项目: 国务院人口普查重点招标项目(国人字 012 号); 福建省自然科学基金(D0210002)

作者简介: 米红(1962- ), 工学博士, 区域经济与地理信息系统博士后, 教授, 研究方向: 人口资源环境系统工程; 陈志坚, 硕士研究生

源与环境所能承载的范围之内;资源的永续利用是可持续发展的基础,保护环境是可持续发展的重要目的.我国未来 20 年的环境形势与经济总量发展趋势如何,以何种模式发展才能确保可持续发展,使人口、环境、经济协调发展<sup>[2]</sup>.

鉴于此,本文从大量的描述环境污染、人口产业结构和经济发展的统计数据着手,对我国自 1985 年以来的人口态势、环境态势、经济结构进行分析,并对西方五国(意大利、日本、法国、英国、加拿大)在人均 GDP 在 5000 至 10000 美元时期的人口产业结构、产业结构、人均 CO<sub>2</sub> 等数据进行聚类分析,与我国发展状况相比较,提炼出我国在 21 世纪初期(2001- 2020)的发展目标模式.

2 中国的人口态势

新中国成立后,我国人口经历了 50 年代和 60 年代迅速增长时期,全国人口从 1949 年的 5.4 亿猛增到 1972 年底的 8.7 亿,平均增长率为 2.09%. 20 世纪 70 年代以后,我国开始实行计划生育政策,经历了从高出生率、高死亡率向低出生率、低死亡率的人口过渡阶段.1989 年我国人口数已达到 11 亿,1995 年人口数突破了 12 亿,2000 年我国人口总数已达到 12.6583 亿.在未来的几十年内,中国的人口仍呈增长的趋势.据预测在 2020 年- 2030 年左右达到 15 亿,而后将进入稳定期<sup>[1]</sup>.

现阶段我国人口产业结构具有以下基本特点:

20 世纪 80 年代以来,随着经济的繁荣,现代的发展,农村的大量剩余劳动力涌入城市,使城市人口迅速增加.从统计数据分析,1985 年我国从事第一产业人口占总从业人口的 62.42%,约为 3.113 亿;到 2000 年占 52%,为 3.5576 亿人口;见图 1<sup>[3]</sup>和图 2.从图 1 中可发现,第二、三产业的人口在迅速增加,其中从事第三产业的人口增长速度比第二产业更快,在 1994 年以前,从事第二产业的人口大于第三产业,而在 1994 年以后,从事第三产业的人口超过第二产业,并以大于第二产业的增长率在增加.

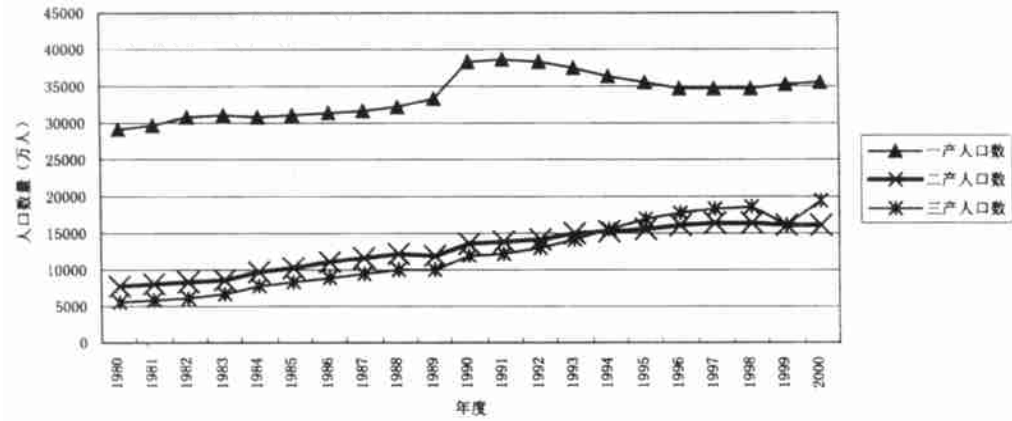


图 1 各产业人口数量图

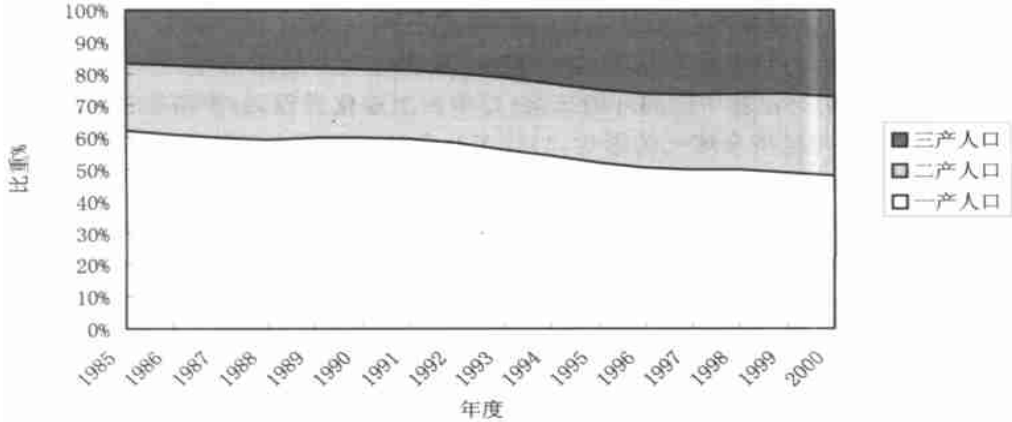


图 2 各产业人口比重图

3 中国的环境态势

自 20 世纪 70 年代开始环境监测以来,就整体而言,中国的环境状态一直处于恶化过程。虽然在这期间,特别是 90 年代以来,也出现了一些局部的改善,但是这些来之不易的环境生态改善大都局限于局部地区或某些特定领域。我国的工业化与城市化进程在加快,经济在飞速发展,但随之也给环境带来了沉重的负担<sup>[2, 4, 5]</sup>。

1) 中国的水污染程度是世界上最严重的国家之一,且仍在恶化。

中国主要流域和湖泊的水质,只有 26.9% 的断面可供人体接触或做饮用水源;已有 37.7% 的工农业用水均不能使用,失去可利用的价值。从统计的工业废水指标数据来看,我国工业废水排放量从 1989 年开始呈下降趋势,工业废水对环境的压力正在减小,这主要是我国对环境治理加大力度的结果(图 3)<sup>[3]</sup>。

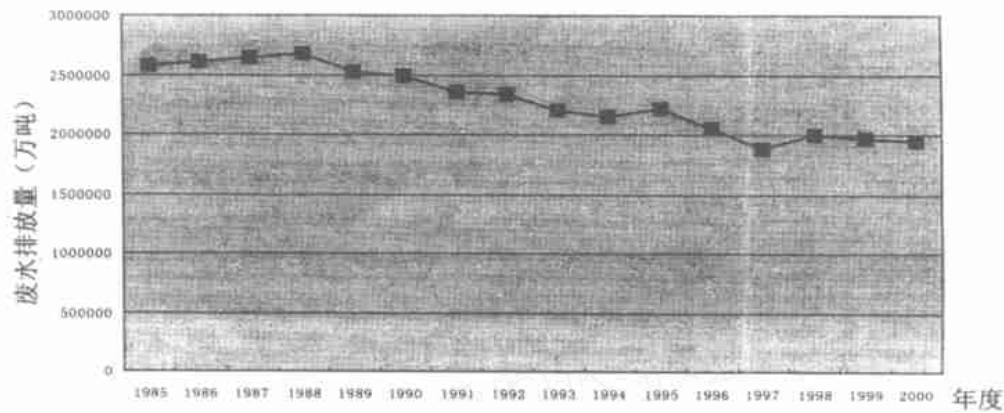


图 3 工业废水排放量图

2) 中国的大气污染现状

中国的大气污染尤其是城市的大气污染现状是相当严重的,尽管污染的种类和分布呈现一定的时空变化,但增加的趋势依然是明显的。以下以工业废气排放量、人均 CO<sub>2</sub> 排放量为主分析我国的大气污染现状(图 4)<sup>[3, 6]</sup>。

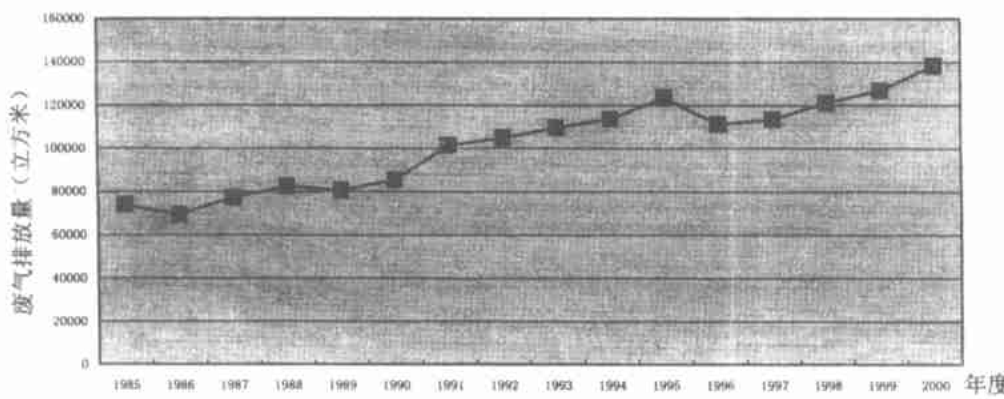


图 4 工业废气排放量变化图

中国的工业废气排放量随着工业经济的发展在总体上是呈上涨趋势,在发展过程中有升有降。但随着我国工业基础的不断扩大,废气排放总量也随着我国工业化进程的不断发展和增加,进一步加大对环境的压力。在 2000 年时我国所汇总统计的工业废气排放量为 138145 亿标立方米,而在 1985 年时总排放量为 73970 亿标立方米,还不包括部分没有统计在内的企业。在短短 15 年里仅工业废气排放就增加了将近一番。

另外,我们从 CO<sub>2</sub> 排放量来看看我国的环境形势。图 4 中显示了我国历年 CO<sub>2</sub> 排放量的变化形势,从 1985 年开始,随着我国经济建设的不断发展,各种燃料的大量使用,使我国的 CO<sub>2</sub> 排放量呈直线上升在十几年之内增长了近 2 倍,对大气质量的影响也是一个重要的因素。

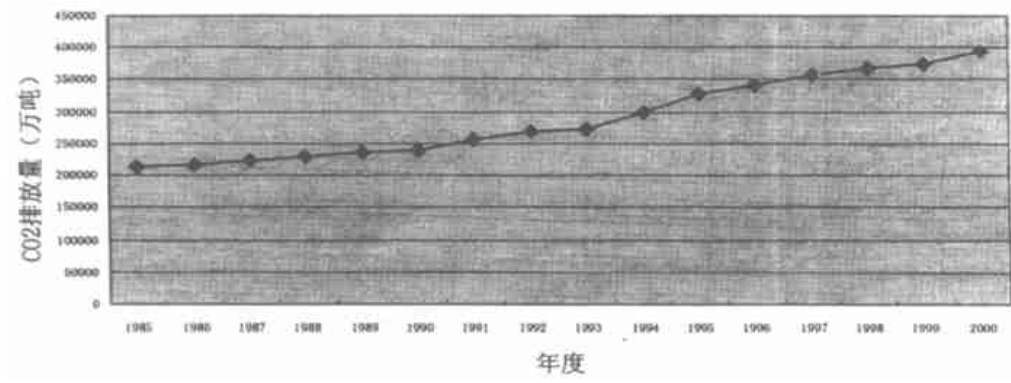


图 5 CO<sub>2</sub> 排放量变化图<sup>[7]</sup>

3) 工业固体废物污染现状

从图 6 分析, 自 80 年代初开始, 由于经济的快速增长, 工业固体废弃物的产生量持续快速增加, 但进入 90 年代以来, 到 1997 年其增长速度趋于缓慢, 1990 年为 57979 万吨, 1997 年为 65750 万吨, 平均增长率为 1.6%。1998 至 2000 年统计的固体废弃物产生量有较大增幅, 主要是因为汇总的工业数有较大的增加, 从全国总的情况来看, 增长的速度还是趋于缓慢的。但从其在自然界积累的总量看, 工业固体废弃物仍然给周围环境带来了相当大的压力。固体废弃物所占土地面积每年都在上升, 1992 年为 54233 万平方米, 到 1998 年达到 65412 万平方米, 而且部分还是可用耕地<sup>[8]</sup>。

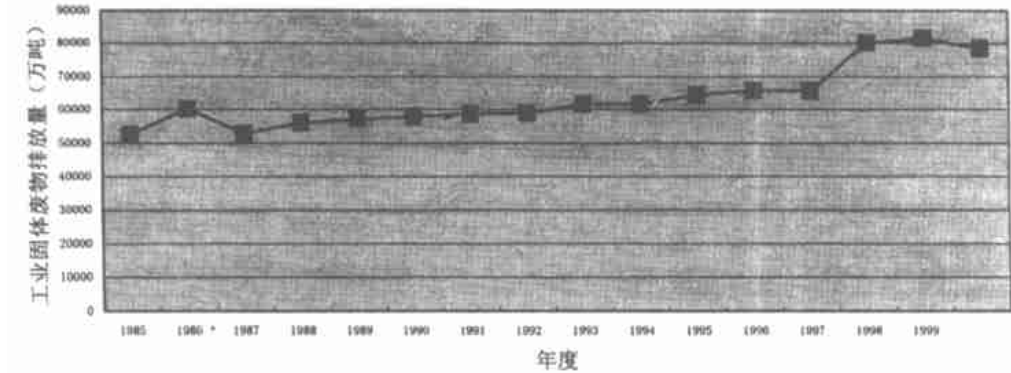


图 6 工业固体废物排放量变化图<sup>[6]</sup>

4 我国人口产业结构、环境污染及经济结构的模型分析

为了更好地对我国的人口结构、经济结构、环境污染三者之间进行更好地分析和研究, 根据需要建立以下指标体系, 并按建立的指标体系收集相关的数据。具体指标体系如下:

设  $X_1, X_2, X_3$  分别表示从事第一产业人口占总就业人口的比重、从事第二产业人口占总就业人口的比重、从事第三产业人口占总就业人口的比重;

$Y_1, Y_2, Y_3$ , 分别表示第一产业经济总值占全国 GDP 总值的比重、第二产业经济总值占全国 GDP 总值的比重、第三产业经济总值占全国 GDP 总值的比重。

$Z_1, Z_2, Z_3$  分别表示第一产业经济生产总值、第二产业经济生产总值和第三产业经济生产总值;  $W_1$  表示人均废水排放量,  $W_2$  表示人均 CO<sub>2</sub> 排放量,  $W_3$  表示人均 SO<sub>2</sub> 排放量,  $W_4$  表示人均工业固体废物产生量,  $W_5$  表示全国人均工业废气排放量。

根据所收集的数据, 利用 SPSS11.0 软件包对数据进行综合分析处理, 建立以下数学模型, 其中各表显示了各回归模型的显著值、膨胀因子等参数。

人均工业废水、人均工业 SO<sub>2</sub>、人均工业固体废物、人均工业废气的指标值通过全国的工业废水、工业 SO<sub>2</sub> 排放量、工业固体废物工业废气的排放量与全国人口总数计算得。

4 1 人均废水排放量与人口产业结构、经济结构之间的模型

表 1 人均工业废水、二产人口比重、三产经济比重统计模型

解释变量	模型参数			
	B	T	SIG	V IF
常量	88 266	7. 931	0 000	
二产人口比重	- 2 001	0 411	0 000	1. 092
三产经济比重	- 0 738	0 298	0 028	1. 092

具体模型为:

$$W_1 = 88\,266 - 2\,001 * X_2 - 0\,738 * Y_3 \quad (1)$$

表 2 人均工业废水、二产经济比重、三产经济比重统计模型

解释变量	模型参数			
	B	T	SIG	V IF
常量	88 391	13 096	0 000	
二产经济比重	- 0 850	- 4 640	0 000	1. 037
三产经济比重	- 0 864	- 8 894	0 000	1. 037

具体模型为:

$$W_1 = 86\,391 - 0\,850 * Y_3 - 0\,864 * Y_2 \quad (2)$$

根据统计的数据来分析,人均废水排放量是呈下降趋势。而从以上的两个模型中我们也可看出,人均废水排放量与人口产业结构的变化和经济结构的变化有一定关系。分析模型(1),二产人口比重每上升 1 个百分点,人均废水排放量将减少 2 001 吨,第三产业经济比重每上升 1 个百分点,人均废水排放量将减少 0 738 吨;从模型(2)中可得出,就经济结构对人均废水排放量的关系而言,二、三产经济比重的增加对目标值W 1 的影响大致相当,二产经济比重的变化量对人均废水排放量的贡献稍大于三产经济比重的贡献。二产经济比重每增加一个百分点,目标值将减少 0 864 吨,而三产经济比重为 0 850。但从 1985 年至 2000 年的 16 年中,二产经济比重增加了 7. 8 个百分点,三产经济比重增加了 4. 7 个百分点,所以第二产业的发展对人均废水产生量的变化起着更大的作用。

4 2 人均 CO<sub>2</sub> 排放量与人口产业结构、经济结构的数学模型

表 3 人均 CO<sub>2</sub> 排放量、二产人口比重、二产经济比重统计模型

解释变量	模型参数			
	B	T	SIG	V IF
常量	- 3 631	- 5 621	0 000	
二产人口比重	0 136	2 156	0 050	5. 244
二产经济比重	0 065	2 685	0 019	5. 244

具体模型为:

$$W_2 = - 3\,631 + 0\,136 * X_2 + 0\,065 * Y_2 \quad (3)$$

表 4 人均 CO<sub>2</sub> 排放量、二产经济比重、三产经济比重统计模型

解释变量	模型参数			
	B	T	SIG	V IF
常量	- 3 924	- 5 413	0 000	
二产经济比重	0 108	10 072	0 000	1. 037
三产经济比重	0 045	2 231	0 044	1. 037

具体模型为:

$$W_2 = - 3\,924 + 0\,108 * Y_2 + 0\,045 * Y_3 \quad (4)$$

人均 CO<sub>2</sub> 排放量总的趋势是增加的,这与工业的不断发展,燃料的大量利用,交通工具的大量增多是分不开的;从模型(3)中,在人口产业结构的变化中,二产人口每增加 1 个百分点,人均 CO<sub>2</sub> 的排放量将增加 0 136 吨,这对我国环境态势是非常不利的,因为我国正处在工业发展的重要时期,从事第二产业的人口还会不断增多。从西方发达国家来看,从事第二产业人口比重都在 30% 左右,而我国到 2000 年时只有 25%。

对模型(4)进行分析,第二产业经济总值所占的比重对人均 CO<sub>2</sub> 的变化量的贡献系数大于第三产业,第二产业为 0 108、第三产业为 0 045。从现阶段分析,第二产业的发展对人均 CO<sub>2</sub> 的影响还是较强的,因为我们第二产业所占经济比重还在不断增加,且占国民生产总值的主要部分。

4 3 人均工业废气与人口产业结构、经济结构的数学模型

得数学模型:

$$W_5 = - 17311. 4 + 686\,017 * X_2 + 332\,679 * Y_3 \quad (5)$$

模型(5)显示人均工业废气与二产人口比重、三产经济比重的关系。二产人口比重对人均工业废气的贡献率是686 017,即二产人口每增加1个百分点,人均工业废气将增加686 017立方米,它远大于第三产业对目标的贡献率。这是因为从事第二产业的人口上升1个百分点,对第二产业经济有较大的贡献,上文分析了,二产人口每上升1个百分点对第二产业有1.95%的增长贡献。所以从人口方面分析,从事第二产业的人口的增加多少,也可分析出工均工业废气的数量,二者之间是有一定关系的。

4.4 人均固体产生量与人口产业结构的数学模型

表6 人均固体废弃物排放量与三产人口比重统计模型

解释变量	模型参数		
	B	T	SIG
常量	353 747	5 968	0 000
三产人口比重	8 661	3 206	0 006

得到具体模型:

$$W_4 = 353\ 647 + 8\ 661 * X_3 \tag{6}$$

表7 人均固体废弃物排放量与三产人口比重统计模型

解释变量	模型参数		
	B	T	SIG
常量	183 975	- 1 162	0 265
二产人口比重	32 027	4 585	0 000

得到具体模型:

$$W_4 = - 183\ 965 + 32\ 027 * X_2 \tag{7}$$

我们可以从模型(6)、(7)中看出,模型(6)可分析得到,从事第二产业的人口上升1个百分点,人均固体废弃物上升32 027公斤,而第三产业人口对工业固体废物的影响仅为8 661公斤/百分点,远小于第二产业人口对人均固体废弃物的贡献率。这与我们实际情况也是相符的,虽然第三产业的增加会促使第二产业的进一步发展,对固体废弃物的产生量有一定的影响,但主要决定因素仍然是第二产业的增长趋势。

5 西方发达国家人口产业结构、环境污染与国民经济的研究

为了寻找一个适合我国发展需要的发展模式,我们需要确定预期的可持续的发展目标,建立可持续的发展模式。为此,针对上述研究的特点,我们对西方发达国家相应方面进行研究,并建立西方加拿大、日本、英国、法国、意大利五个发达国家关于人口产业结构、人均GDP、产业结构、人均CO<sub>2</sub>排放量的指标体系,收集11个指标数据,对其进行相应的分析、研究,以寻求适合我国未来发展的目标<sup>[7]</sup>。

其中,这11个指标分别为:人均CO<sub>2</sub>排放量(吨)、人均GDP(美元)、GDP增长率(%)、第一产业经济比重(%)、第二产业经济比重(%)、第三产业经济比重(%)、人口增长率、总就业人口数、第一产业就业人口比重(%)、第二产业就业人口的比重(%)、第三产业就业人口的比重(%)<sup>[7,9,10]</sup>。

利用SPSS11.0对收集的样本数据的人均CO<sub>2</sub>排放量(吨)、人均GDP(美元)、第一产业经济比重(%)、第二产业经济比重(%)、第三产业经济比重(%)、第一产业就业人口比重(%)、第二产业就业人口比重(%)、第三产业就业人口比重(%)等8个指标进行聚类分析,将其聚为四类。

表8是对样本集聚类分析的结果。从表8中可看出,西方发达国家中在人口的产业结构上与中国完全不同,表8的四个类中,只有第二类的一产人口比重超过10%,其余三类的一产人口比重均低于10%,第四类最低,仅为3%。三产人口比重最高,均超过50%,最高的第四类为64%。

而我国目前阶段正好相反,第一产业人口所占比重最高,第三产业所比重最低,就我国第五次人口普

查的统计数据显示, 第一产业的人口比重为 48% , 而第三产业最低, 仅有 27% .

表 8 聚类结果表

指标	类别			
	1	2	3	4
人均 CO <sub>2</sub> (吨)	10 40	9 34	10 94	12 25
人均 GDP (美元)	5445 00	6951 11	8272 31	9410 00
第一产业经济比重(%)	4 81	5 02	4 19	2 74
第二产业经济比重(%)	42 19	42 28	39 33	39 41
第三产业经济比重(%)	49 64	54 95	56 47	57 86
第一产业人口比重(%)	9 35	10 20	7 50	3 39
第二产业人口比重(%)	35 95	35 79	33 97	32 43
第三产业人口比重(%)	54 69	54 01	58 53	64 19

从各产业经济所占的比重来看, 也存在明显的区别, 在发达国家中, 比重最大的是第三产业, 在所聚的四个类中, 最低的第三产业比重为 49 64% . 最高为 57. 86% . 第二产业经济所占比重居中, 随着经济的发展, 其所占的比重在逐渐减少 . 而在我国的经济产业结构中, 占最大比重的是第二产业, 2000 年时第二产业所占比重是 50 90% , 第三产业为 33 20% , 第一产业为 15 90% . 与西方五国的结构截然不同, 与所聚的各类做为标准, 差距仍然很大 .

6 我国可持续发展模式的分析研究

根据我国“ 三步走 ”发展战略, 在 21 世纪中叶, 我国要达到中等发达国家水平(人均 GDP 美元在 5000 美元左右), 因此假定我国在 2040 年经济发展的目标是达到人均 GDP5000 美元左右, 与西方五国聚类的结果相比较, 发现第一样本集的第一类中人均 GDP 值与我们的目标较相符, 我们就以此类的人口产业结构、经济结构和人均 GDP 指标值为我国 2040 年发展的目标 . 利用 SPSS11. 0 软件包对我国 21 世纪初人口产业结构发展、经济结构发展和人均 GDP 发展拟合出相应的模型曲线<sup>[7]</sup> .

6 1 第一产业人口比重模型

我们以第一样本集所聚第一类的第一产业人口比重为我国 2040 年发展的目标, 利用 SPSS11. 0 做回归分析, 从回归的各种曲线中, 上限值为 70 的 LOGIST 曲线最符合发展的趋势, 回归曲线的 SIG 为 0 000, F 值为 581. 17, 回归曲线如图 7, 图中, 时间轴从 1985 年开始, 即 1985 相对应于 X 轴的 1, 1896 年为 2, 以此类推, 直到 2040 年 .

利用回归分析得到一个回归方程:

$$X_1 = 1/(1/70 + 0.0019 * 1.0749^t)$$

其中  $X_1$  表示第一产业人口比重,  $t$  表示相对的年份 . 通过以上方程我们推出 2001 年至 2020 年的第一产业人口比重(见表 9).

表 9 2001 年至 2020 年第一产业人口比重预测表

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
一产人口比重	48 14	47. 04	45 91	44 76	43 58	42 38	41. 17	39 94	38 69	37. 44
年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
一产人口比重	36 18	34 91	33 65	32 39	31. 14	29 89	28 66	27. 45	26 25	25. 08

6 2 第二产业人口比重模型

同样, 以聚类所提得的第二产业人口为目标, 对二产人口比重做回归分析, 所得 LOGIST 曲线如图

10, 其目标值为 42.19, 上限值为 50, 所得回归曲线方程的  $SIG$  为 0.000,  $F$  值为 448.83. 模型方程为:

$$X_2 = 1/(1/50 + 0.0294 * 0.9772^t)$$

其中,  $X_2$  表示第二产业人口比重, 通过以上模型计算出 2001 年至 2020 年第二产业人口比重如表 10

表 10 2001 年至 2020 年二产人口比重预测表

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
二产人口比重	25.09	25.37	25.66	25.95	26.24	26.52	26.81	27.10	27.38	27.67
年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
二产人口比重	27.95	28.24	28.52	28.80	29.08	29.36	29.64	29.92	30.20	30.47

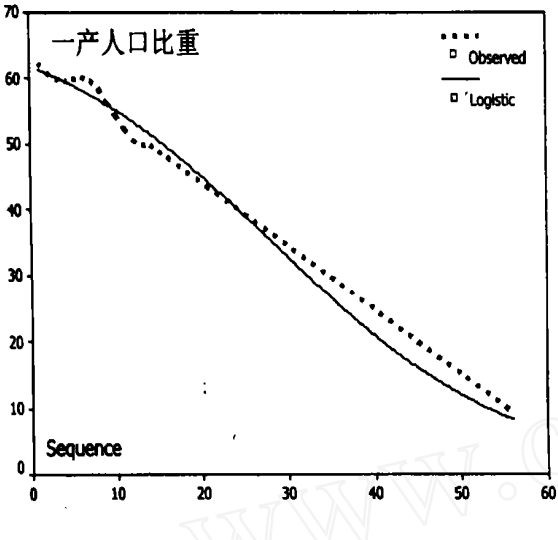


图 7 一产人口比重

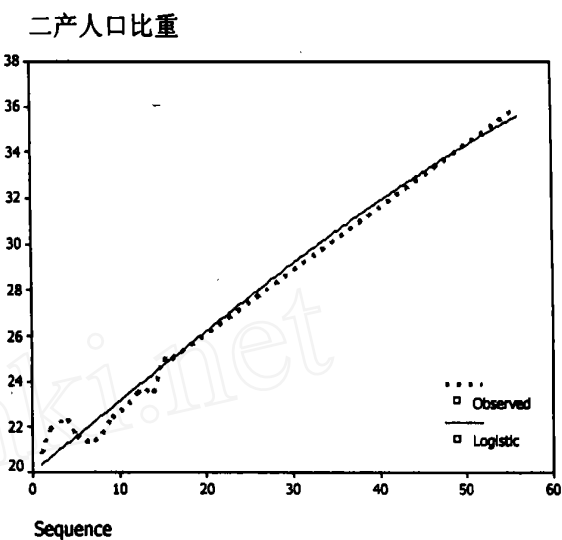


图 8 二产人口比重

6.3 第三产业人口比重模型

同求第一、第二产业人口比重方法一样, 求得如下方程和 LOGIST 曲线(图 9):

$$X_3 = 1/(1/65 + 0.0481 * 0.9506^t)$$

其中  $F$  值为 1315.96,  $SIG$  值为 0.000, 曲线的上限值为 65. 求得 2001 年至 2020 年第三产业人口比重如表 11.

表 11 2001 年至 2020 年三产人口比重预测表

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
三产人口比重	28.00	28.81	29.63	30.44	31.27	32.09	32.91	33.73	34.56	35.37
年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
三产人口比重	36.19	37.00	37.80	38.60	39.39	40.17	40.95	41.71	42.46	43.20

6.4 经济产业结构比重模型

利用上述相同的方法, 分析得到一、二、三产业经济结构的预测模型和曲线, 具体方程如下:

$$Y_1 = 29.6034 - 0.9443 * t + 0.0089 * t^2 \quad (F \text{ 值为 } 211.48, SIG \text{ 值为 } 0.000)$$

$$Y_2 = 40.5743 - 0.8123 * t - 0.0140 * t^2 \quad (F \text{ 值为 } 20.60, SIG \text{ 值为 } 0.000)$$

$$Y_3 = 29.8223 - 0.1320 * t + 0.0050 * t^2 \quad (F \text{ 值为 } 98.99, SIG \text{ 值为 } 0.000)$$

三个回归曲线均为二次曲线, 如图 10、图 11、图 12, 由方程计算所得的 2001 年到 2020 年三产比重如表 12、13、14.



表 12 2001 年至 2020 年第一产业经济比重预测表

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
一产经济比重	16 12	15 48	14 87	14 27	13 69	13 13	12 59	12 06	11 55	11 06
年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
一产经济比重	10 59	10 13	9 69	9 28	8 87	8 49	8 12	7 78	7 44	7 13

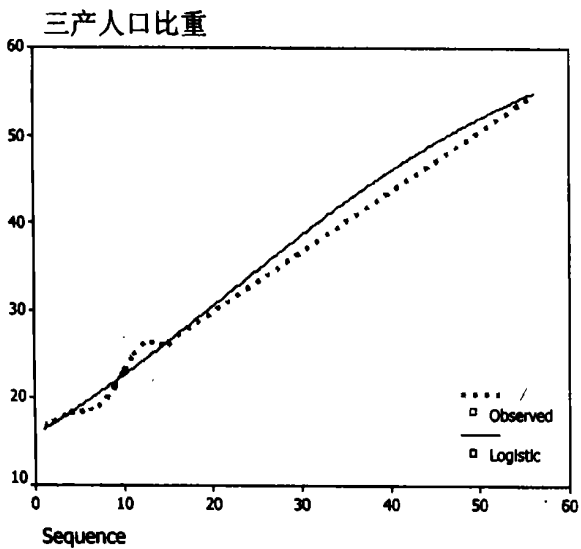


图 9 三产人口比重

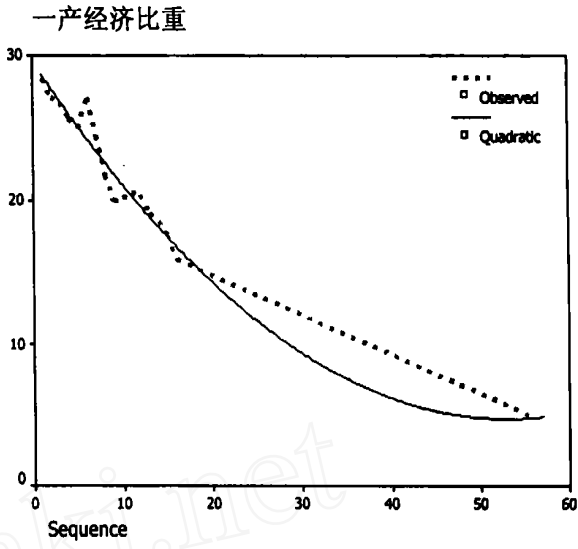


图 10 一产经济比重

表 13 2001 年至 2020 年二产经济比重预测表

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
二产经济比重	50 49	50 82	51 13	51 40	51 65	51 87	52 06	52 22	52 36	52 46
年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
二产经济比重	52 54	52 59	52 62	52 61	52 58	52 52	52 43	52 31	52 17	52 00

表 14 2001 年至 2020 年第三产业比重预测表

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
三产经济比重	33 51	33 82	34 14	34 46	34 80	35 15	35 50	35 87	36 25	36 63
年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
三产经济比重	37 03	37 44	37 86	38 28	38 72	39 17	39 62	40 09	40 57	41 05

6 5 人均 GDP 的模型预测

与求人口产业结构的方法相同,以所聚类的第一类的人均 GDP 值做为我国 2040 年发展的目标,上限为 5700 美元,做 LOGIST 曲线(如图 13),得如下回归方程 .

$$Y_9 = 1/(1/5700 + 0.0087 * 0.8787^t)$$
 (F 值为 784.69, SIG 值为 0.000)

其中  $Y_9$  为人均 GDP 值 . 利用以上方程求得 2001 年至 2040 年的人均 GDP 值,见表 15 .

表 15 2001 年至 2020 年人均 GDP 预测表

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
人均 GDP(美元)	876 37	976 62	1085 76	1203 99	1331 37	1467 83	1613 11	1766 77	1928 16	2096 44
年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
人均 GDP(美元)	2270 56	2449 31	2631 34	2815 18	2999 31	3182 20	3362 36	3538 38	3709 00	3873 10

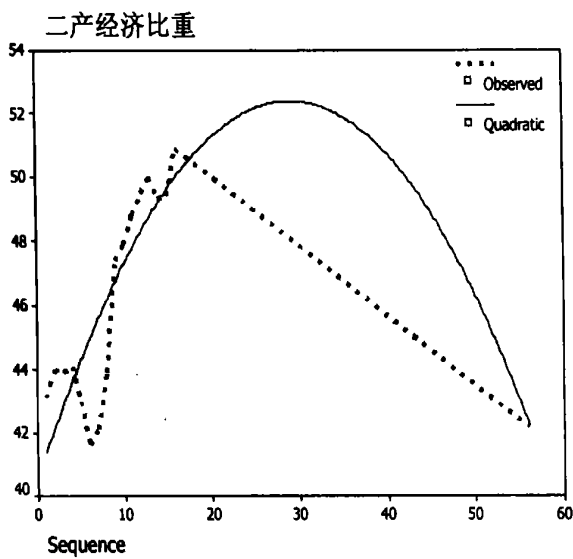


图 11 二产经济比重

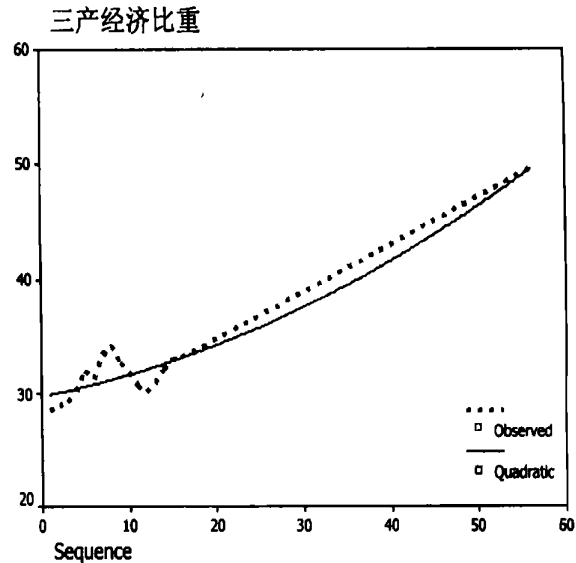


图 12 三产经济比重

7 环境子系统预测

通过上文所求得的人口产业结构指标值、经济结构指标值和人均 GDP 值, 结合上文所拟合的环境子系统与人口子系统、经济子系统的模型, 我们求得未来 20 年的环境污染指标值, 见表 16 .

表 16 2001 年至 2020 年人均 GDP, 环境指标预测表

年度	人均 GDP(美元)	人均废水(t)	人均 CO <sub>2</sub> (t)	人均工业废气(m <sup>3</sup> )	人均工业固体废弃物(kg)
2001	876 37	13 79	3 00	10691 86	607 88
2002	976 62	13 12	3 05	10893 55	615 87
2003	1085 76	12 45	3 11	11089 32	624 06
2004	1203 99	11 79	3 16	11280 64	632 22
2005	1331 37	11 12	3 21	11466 04	640 45
2006	1467 83	10 46	3 26	11642 54	648 49
2007	1613 11	9 81	3 30	11817 56	656 68
2008	1766 77	9 16	3 34	11983 68	664 88
2009	1928 16	8 52	3 38	12147 59	672 95
2010	2096 44	7 88	3 42	12299 63	680 67
2011	2270 56	7 25	3 45	12453 17	689 14
2012	2449 31	6 61	3 49	12597 80	697 29
2013	2631 34	5 99	3 52	12736 51	705 24
2014	2815 18	5 38	3 55	12867 07	713 19
2015	2999 31	4 76	3 57	12995 4	721 09
2016	3182 20	4 14	3 60	13118 55	728 96
2017	3362 36	3 55	3 62	13236 51	736 82
2018	3538 38	2 95	3 63	13345 58	744 59
2019	3709 00	2 35	3 65	13452 43	752 32
2020	3873 10	1 77	3 67	13550 38	759 85

注: 表 16 中, 人均废水值是由模型(1)、(2)两方程求得的结果后求和平均所得; 人均 CO<sub>2</sub> 排放量由模型(3)、(4)求得的结果求和平均所得; 人均工业废气由模型(5); 人均工业固体产生量由模型(6)、(7)两方程求得的结果后求和平均所得 .

## 8 结论

本文得出的结论如下:

1) 仿真分析表明, 未来 20 年里, 我国的第一产业人口比重将加快下降速度, 到 2010 年, 将降到 37.44% 左右, 2020 年更会降至 25.28%; 而第二、第三产业人口比重将持续增长, 其中第三产业人口比重增长速度将大于第二产业人口比重, 到 2020 年, 我国的第二产业人口比重仅占 30.47%; 第三产业人口将占 43.23%, 为从业人员比重之最大的产业。

2) 我国的人均 GDP 将随着我国经济的快速发展而快速增加, 预计在 2010 年我国人均 GDP 将比 2001 年翻一番, 达到 1903.55 美元, 在 2020 时将为 3396.03 美元, 是 2010 年的 1.78 倍。

3 对经济结构发展的预测表明, 第一产业所占的比重仍旧会下降, 到 2010 年下降为 11.06%, 到 2020 年为 7.13%; 第二产业仍将持续稳步地发展, 而在未来二十年内仍然占全国经济总量的主导地位。在 2013 年左右达到最大值为 52.61%, 而后随着第三产业的迅猛发展, 其比重将逐渐呈现下降趋势; 第三产业随着工业基础的壮大、科学技术的发展, 其发展速度也将逐渐加快, 在 2001 年到 2010 年时, 平均每年 0.312% 的速度增长; 到 2020 年第三产业比重将为 41.05%。

4) 人均工业废水的排放量呈线性下降趋势, 这与我国大力加强环境治理力度和投入是密切相关的, 工业废水对环境的影响将随着经济的发展和环境治理技术的提高而不断减少, 当然这不包括生活污水对环境的影响。

5) 废气排在未来的 20 年内仍将不断地增加, 对环境的压力不容忽视。其中人均  $\text{CO}_2$  排放量的增加速度不大, 到 2020 年时人均值 3.68 吨, 增加了 0.68 吨。虽然我国人均量与西方五国聚类所得的人均  $\text{CO}_2$  排放量 9.37 吨相比, 小得很多。但这并不意味着  $\text{CO}_2$  的排放量对我国环境的影响不严重, 因为在我国庞大的人口基数下, 人均值为 3.68 吨的  $\text{CO}_2$  的, 其总量是相当大的, 是不容忽视的。

6) 工业固体废弃物的产生量也会随着第二产业、第三产业的迅速增长而缓慢增长, 在 2010 年时我国人口平均的工业固体拥有量为 680.67 公斤, 到 2020 年时为 759.85 公斤。整个阶段发展的速度相当, 但对土地资源、环境保护将然是一个挑战。因为增加的工业固体废弃物将继续占用大量的土地面积, 包括部分可利用的耕地面积。

总之, 环境对经济的制约、对人类的发展永远都是一个不容忽视的因素。尽管我国仍是一个发展中国家, 但在未来的发展过程中, 走可持续发展道路是我们的必由之路。在强调经济发展、科技发展的同时, 必须加强对环境、资源的保护, 加大对环境保护的宣传力度, 加大对环境治理的力度和投入, 吸收发达国家在发展过程中的经验和教训, 为全面建设小康社会、实现“三步走”战略目标打下坚实的基础。

全国人均gdp

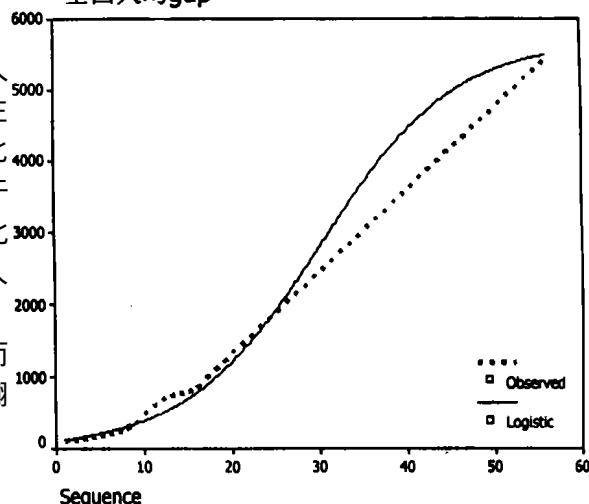


图 13 全国人均 GDP

## 参考文献:

- [1] 伊武军 资源、环境与可持续发展[M]. 北京: 海军出版社, 2001.
- [2] 米红 区域可持续发展模式评估及其实证研究[M]. 北京: 经济科学出版社, 2002.
- [3] 国家统计局人口司《中国人口统计年鉴》1986年至2001年[M]. 北京: 科学技术文献出版社出版.
- [4] 王伟中 国际可持续发展战略比较分析研究[M]. 北京: 商务印书馆, 2000.
- [5] 中国社会科学院环境与发展研究中心 中国环境与发展评论(第一卷)[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2001. [6] 《中国环境年鉴》编辑委员会 《中国环境年鉴》1986年至2001年[M]. 北京: 中国环境年鉴社.
- [7] 《世界发展指标》编写组编 《世界发展指标》1998年至2000年[M]. 北京: 中国财政经济出版社.
- [8] 刘燕华, 周宏春 中国资源环境形势与可持续发展[M]. 北京: 经济科学出版社, 2001.
- [9] 李琮 世界经济年鉴 1988、世界经济年鉴 1989[M]. 世界经济年鉴编辑委员会编, 《世界经济年鉴 1990》至《世界经济年鉴 1999》中国社会科学出版社出版.
- [10] 张塞 《世界统计年鉴》1995年, 1996年; 刘洪 《世界统计年鉴》1997年至1999年. 北京: 中国统计出版社.
- [11] 卢纹岱 SPSS for Windows 统计分析[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.